

## Patent Abstract

Japanese Translation of PCT Patent Application No. Hei 10-503587

- (11) Publication No.: Hei 10-503587
- (43) Publication Date: March 31, 1998
- (21) Application No.: Hei 07-528788
- (86) (22) Filing Date: May 9, 1995
- (86) International Application No.: PCT/GB95/01042
- (87) International Publication No.: WO 95/30913
- (87) International Publication Date: November 16, 1995
- (31) Priority No.: 9409003.2
- (32) Priority Date: May 6, 1994
- (33) Priority Country: United Kingdom (GB)
- (71) Applicant: Radio Detection Limited
- (72) Inventors: Lewis Andrew Biggerstaff, Cottle John Robert, Cooper Graham Roy
- (54) Title of the Invention: Locator
- (57) Abstract: A locator such as a ground penetration probe (24) has spaced antennae (21, 22, 23) therein which detect electromagnetic signals from an object (26) such as a buried cable. By analyzing the electromagnetic signals using a suitable processor (25) it is possible to determine the separation of the locator and object (26), both in terms of the direction (X) corresponding to the spacing of the antennae (21, 22, 23) and the perpendicular direction (Y) to the object (26). This then permits a display to be generated showing visually the separation of the locator and the object (26). If the locator incorporates a tilt sensor, the processor (25) can then compensate for tilting of the locator, and determine the vertical and horizontal separation of the locator and the object (26). A confidence measurement may be obtained by measuring the separation of the locator and object (26) at one position, predicting the separation of the locator and object (26) at a second position, moving the locator to the second position, measuring the separation of the locator and the object at the second position, and comparing the predicted and measured separations, thereby enabling reliable measurement.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表平10-503587

(43)公表日 平成10年(1998)3月31日

| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I             |
|--------------------------|------|---------|-----------------|
| G 0 1 V 3/10             |      | 9406-2G | G 0 1 V 3/10 B  |
| G 0 1 S 13/88            |      | 9208-2F | G 0 1 S 13/88 G |
| G 0 1 V 3/00             |      | 9406-2G | G 0 1 V 3/06 B  |
| 3/06                     |      | 9406-2G |                 |

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 48 頁)

(21)出願番号 特願平7-528788  
 (86)(22)出願日 平成7年(1995)5月9日  
 (85)翻訳文提出日 平成8年(1996)10月25日  
 (86)国際出願番号 PCT/GB95/01042  
 (87)国際公開番号 WO95/30913  
 (87)国際公開日 平成7年(1995)11月16日  
 (31)優先権主張番号 9409003.2  
 (32)優先日 1994年5月6日  
 (33)優先権主張国 イギリス (GB)

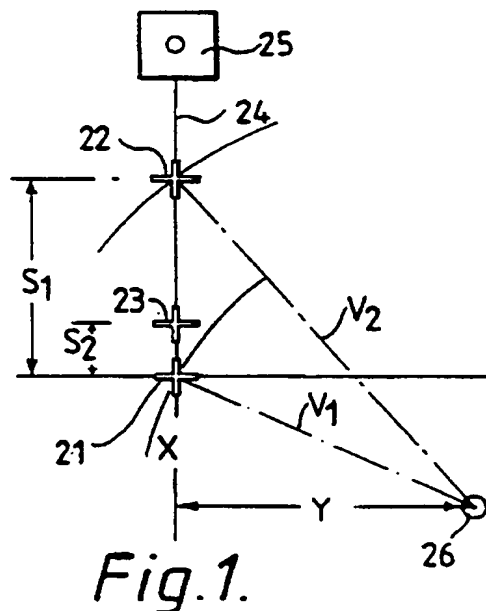
(71)出願人 ラディオデテクション・リミテッド  
 イギリス、ビィ・エス・14 0・エイ・ズ  
 イー プリストル、ウェスタン・ドライブ  
 (番地なし)  
 (72)発明者 ルイス、アンドリュー・ピガースタッフ  
 イギリス、ビィ・エス・15 5・ユー・テ  
 イー プリストル、ウォームリー、クアン  
 トック・クロス、48  
 (72)発明者 コトル、ジョン・ロバート  
 イギリス、エス・エヌ・12 6・ユー・エ  
 フ ウィルトシャー、メルクシャム、ポー  
 ワー・ヒル、ペイダー・パーク、15  
 (74)代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 探知機

## (57)【要約】

地面差込型プローブ(24)のような探知機は、埋込まれたケーブルのような物体(26)からの電磁信号を検出する間隔がつけられたアンテナ(21、22、23)を内部に有する。適切なプロセッサ(25)を用いて電磁信号を分析することによって、探知機と物体(26)との間の距離を、アンテナ(21、22、23)の間隔に対応する方向(X)と、それに垂直な、物体(26)への方向(Y)との両方に関して決定することかできる。これにより、探知機と物体(26)との間の距離を視覚的に示すディスプレイを生成することが可能となる。探知機が傾斜センサを組込む場合、プロセッサ(25)は探知機の傾斜を補償することができ、かつ、探知機と物体(26)との間の垂直方向および水平方向の距離を決定することができる。1つの位置で探知機と物体(26)との間の距離を測定し、第2の位置での探知機と物体(26)との間の距離を予測し、探知機を第2の位置に動かし、第2の位置での探知機と物体との間の距離を測定し、距離の予測値と測定値とを比較することによって、信頼測定が得られる。



**【特許請求の範囲】**

1. 少なくとも2つのアンテナ(21、22、23)を予め定められた間隔(51、52)で有する地面差込型プローブを含み、前記アンテナ(21、22、23)は物体(26)の導体からの電磁信号を検出するように構成される探知機であって、

前記探知機は、電気信号を分析して、前記アンテナの間隔の方向(X)と前記方向を横切る方向(Y)に関して前記探知機(24)と前記物体(26)との距離を決定する手段(25)を備えることを特徴とする、探知機。

2. 前記探知機は地面差込型プローブ(24)を備え、前記アンテナ(21、22、23)は前記地面差込型プローブの中にある、請求項1に記載の探知機。

3. 前記地面差込型プローブ(24)は穴あけデバイスである、請求項2に記載の探知機。

4. 前記地面差込型プローブ(24)と前記物体(26)との距離に依存して前記地面差込型プローブ(24)の穴あけ力を制御する手段を備える、請求項3に記載の探知機。

5. 前記地面差込型プローブ(24)は外部シース(160)を有し、前記地面差込型プローブの残りは前記シースから取外し可能である、請求項2ないし請求項4のいずれかに記載の探知機。

6. 3つのアンテナ(21、22、23)を備える、請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の探知機。

7. 前記分析手段(25)は、前記探知機と前記物体との間の距離が予め定められた値よりも大きい場合には前記3つのアンテナのうちの第1および第2のアンテナによって検出される電磁信号を分析し、前記探知機と前記物体との距離が前記予め定められた値未満である場合には前記3つのアンテナのうちの前記第1のアンテナおよび第3のアンテナからの電磁信号を分析するように構成される、請求項6に記載の探知機。

8. 前記地下にある物体の前記導体に信号を誘導する送信機を備える、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の探知機。

9. 前記電磁信号に基づいて、前記プローブと前記物体(26)との空間関係を示すディスプレイを生成する手段を備える、請求項1ないし請求項8のいずれかに記載の探知機。

10. 前記分析手段(25)は、前記探知機と物体との間の異なる距離に対応する、前記アンテナによって検出可能な電磁信号を予測するように構成される、請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の探知機。

11. 傾斜センサをさらに備える、請求項1ないし請求項10のいずれかに記載の探知機。

12. 前記分析手段(25)は、前記探知機と前記物体(26)との間の距離を決定する際に前記電磁信号の摂動または非対称を補償するように構成される、請求項1ない

し請求項11のいずれかに記載の探知機。

13. 前記アンテナ(21、22、23)の各々は少なくとも2つの互いに直交するコイル(151、152、153)を含む、請求項1ないし請求項13のいずれかに記載の探知機。

14. 前記アンテナ(21、22、23)の各々は3つの互いに垂直なコイルを含む、請求項13に記載の探知機。

15. 前記コイルの軸は交差する、請求項13または14に記載の探知機。

16. 前記コイルの軸は交差せず、前記分析手段(25)は、前記探知機と前記物体(26)との間の距離を決定する際に前記コイル(151、152、153)の相対変位を補償するように構成される、請求項13または14に記載の探知機。

17. 請求項1ないし請求項16のいずれかに記載の探知機と、物体との組合せであって、前記物体は前記導体を形成する少なくとも1つの活性マーカを有し、前記活性マーカは符号化された信号を発生するように構成され、前記探知機は、前記符号化された信号をトリガするために前記活性マーカへの入力信号を発生する手段と、前記活性マーカからの前記符号化された信号を検出する手段とを有する、組合せ。

18. 第1、第2および第3のアンテナ(21、22、23)を有する探知機を用いて物体(26)の位置を突き止

める方法であって、

前記探知機と前記物体(26)との間の距離が予め定められた値よりも大きい場合に、前記第1および前記第2のアンテナ(21、22)を用いて前記物体(26)の導体からの電磁信号を検出するステップと、

前記探知機と前記物体との間の距離が前記予め定められた値未満である場合に、前記第1のアンテナ(21)および前記第3のアンテナ(23)を用いて前記物体(26)の前記導体からの電磁信号を検出するステップとを含む、方法。

19. 少なくとも2つのアンテナ(21、22、23)を予め定められた間隔で有し、前記アンテナ(21、22、23)は物体(26)の導体からの電磁信号を検出するように構成される探知機であって、

前記探知機は、1つの位置で前記アンテナ(21、22、23)によって検出可能な電磁信号を、別の位置で前記アンテナ(21、22、23)によって検出される電磁信号の分析に基づいて予測する手段(25)を備えることを特徴とする、探知機。

20. 傾斜センサをさらに備える、請求項19に記載の探知機。

21. 少なくとも2つのアンテナ(21、22、23)を有する探知機を用いて物体(26)の位置を突き止める方法であって、

前記探知機が第1の位置にあるとき、前記アンテナ(21、22、23)を用いて前記物体(26)の導体からの電磁信号を検出するステップと、

前記探知機を前記第1の位置から第2の位置に動かすステップと、

前記探知機が前記第2の位置にあるとき、前記アンテナ(21、22、23)を用いて前記物体(26)の前記導体からの前記電磁信号を検出するステップとを含み、

前記方法は、

前記探知機が前記第2の位置にあるとき前記アンテナ(21、22、23)に

よって検出可能な前記物体（26）の前記導体からの前記電磁信号は、前記第1の位置で検出される前記電磁信号に基づいて予測され、

前記予測された電磁信号と、前記探知機が前記第2の位置にあるときに検出される前記電磁信号とが比較されることを特徴とする、方法。

22. 前記探知機は前記第1の位置から前記第2の位置に傾斜され、前記傾斜は傾斜センサにより測定され、前記測定された傾斜は前記第2の位置にある前記探知機によって検出可能な電磁信号の予測に用いられる、請求項21に記載の方法。

23. 物体の導体からの電磁信号を検出する手段（21、22、23）を有する探知機であって、

前記探知機は、前記電磁信号に基づいて、前記探知機と

前記物体との空間関係を示すディスプレイ（47）を生成する手段を備えることを特徴とする、探知機。

24. 前記ディスプレイを生成する手段（47）は、前記プローブの操作者用のヘッドアップディスプレイである、請求項8または23に記載の探知機。

25. 請求項8、23、または24のいずれかに記載の探知機と、少なくとも2つの物体との組合せであって、前記物体の各々は導体を有し、前記導体の各々は電磁信号を発生し、前記各導体の電磁信号は異なっており、

前記ディスプレイを生成する手段は、前記2つの物体の空間関係を示すように構成される、組合せ。

26. 物体（26）の導体からの電磁信号を検出する手段と、前記電磁信号に基づいてディスプレイを生成する手段（47）とを有する探知機であって、

前記ディスプレイを生成する手段は、ヘッドアップディスプレイ（47）であることを特徴とする、探知機。

27. プローブを地面の中に駆動するドライブを有する地面差込型プローブであって、前記ドライブは、旋回点（ $P_1$ 、 $P_2$ ）のまわりで旋回される1対の質量（ $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ 、 $m_4$ ）と、前記対の質量（ $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ ）間の位相を予め定められた位相にして、前記質量を対応する旋回点のまわりで反対方向に駆動する手段

とを有する、地面差込型プローブ。

28. 2対の質量 ( $m_1$ 、 $m_2$ 、 $m_3$ ) を有し、各対は、

各対の質量間の位相を前記予め定められた位相にして、対応する旋回点 ( $P_1$ 、 $P_2$ ) のまわりで駆動される、請求項27に記載のプローブ。

## 【発明の詳細な説明】

探知機発明の背景発明の分野

本発明は導電性の物体の位置を突き止める探知機に関する。より特定的には、本発明は埋込まれたケーブルまたはパイプ等の地下にある導体の位置を突き止めるための探知機に関するが、これに限定されるわけではない。

従来技術の概要

近年多くの異なるユーティリティ（電気、ガス、電気通信、等）に用いるための埋込まれたケーブルおよびパイプのネットワークが増加しているため、地面のどこを掘削しても埋込まれたケーブルまたはパイプに近接している可能性が高く、そのような掘削は、埋込まれたケーブルまたはパイプの位置を正確に知らなければその埋込まれたケーブルまたはパイプを損傷したり妨げたりする危険性を伴う。

特に、電話、ケーブルテレビ、等のための光ファイバ通信システムの使用の成長により、掘削に関連する問題がかなり増加している。そのような光ファイバ通信システムは金属導体よりも遥に多くの通信容量を有するが、光ファイバ通信システムの損傷または妨害から生じるコストはかなりのものである。さらに、損傷が生じると、光ファイバ接続を修復するのは金属接続を修復するよりも困難である。この理由のため、光ファイバ通信システムの所有者および／または操作者は通常、適切な探知システムおよび視覚的

な検査の両方によって光ファイバ接続の位置を正確に判断することを要求する。実際には、これは、ケーブルの職務上の検査ができるように最初の掘削を行ない、その後にケーブルの付近でより広範囲の掘削を行なう必要があることを意味する。さらに、光ファイバ接続を検査することができるようにするための各々の予備的な探知および掘削は光ファイバ接続の長さに沿って繰返さなければならず、これはかなりの時間と労力とを必要とする。

ある種類の従来探知機は、手で持った受信機に組込まれた適切なアンテナア



センブリによって導体中の信号電流から交流場を検出する。光ファイバ接続は通常保護の目的のために金属シースを有し、その金属シースに信号を与えかつ検出することができるため、そのような構成は光ファイバ接続に適用することができる。

そのような従来のシステムでは、使用者は受信機を持ち、受信機が導体の存在を示すまでターゲット導体の付近で繰返し測定を行なう。その後、上で言及した視覚的な検査を行なうために、パイプ、ケーブルまたは光ファイバ接続が露出するまで、探知機によって判断された場所を掘削する。

#### 発明の概要

本発明の第1の局面では、探知機には、既知の間隔の少なくとも2つのアンテナが設けられ、各アンテナは該2つのアンテナの間隔の方向と、その方向に対して垂直な、物体への方向との電磁場成分を測定することができる。さら

に、電磁場を発生する導体に関する探知機の方向および間隔を規定する座標情報を得るために、適切な処理手段が設けられる。以下の説明では、アンテナの間隔に対応する方向をX方向と称し、物体と交差する垂直な方向をY方向と称す。したがって、本発明は、探知機に関する物体のXおよびYの座標情報を得るものである。

好ましくは、探知機は地面差込型プローブの形態である。その場合、プローブが地面に入ると、アンテナは、探知したい地下にある物体の導体からの電磁信号を検出し、地下にある物体に関するプローブの位置を決定することができる。このように、プローブを地下にある物体の方に向かって地中に駆動することかでき、使用者は、物体からプローブまでの距離を表わす情報を得て、プローブが地下にある物体に力強く当たってこの物体を損傷させるという危険性を伴わずにプローブを地下にある物体の近くに持っていくことができる。

物体から探知機までの距離を決定するために、探知機の間隔があげられた位置に少なくとも2つのアンテナを設けなければならない。そうすると、該2つのアンテナによって検出される電磁場の差により、探知機から物体までの距離を計算することができ、適切な情報を発生して操作者に与えることができる。用いる検

知アンテナを選択することにより探知機が地下の物体に接近するに従ってより正確な測定を行なうことができるようにするため、好ましくは、

3つ以上のアンテナが設けられる。これは探知機が地面差込型プローブである場合に特に有用であり、これにより、プローブが地下の物体の付近に接近するに従って探知の精度が向上される。

少なくとも理論上では、探知機に関する物体の位置は、2つのアンテナでの電磁場の評価によって、および単純な三角法を用いた計算によって決定することができる。しかしながら、実際には、導体によって発生される電磁場には、たとえばそれに隣接する他の導体の存在のため非対称が存在しやすく、したがって、処理手段にはそのような誤差のための適切な補償が与えられることが好ましい。さらに、共通の中心のコイルを備えるアンテナを有することが可能であるが、中心を変位させたコイルを有することがより実用的であることが多く、この場合も、これに対する適切な補償を与えなければならない。

各アンテナが2軸コイルを有することが可能であるが、3軸コイルを用いると、Y方向に関する物体の延在方向の傾斜を決定することができるようにするさらなる情報を得ることができるため、3軸コイルを設けることが好ましい。

さらなる発展例では、探知機には、垂線に関する探知機の傾斜、したがってX方向を決定できるようにする傾斜検知手段が設けられる。さらに、処理手段はこの傾斜情報を利用し、これにより、探知機の配向に関係なく、探知機から物体までの垂直方向および水平方向の距離に関して、物

体の位置の決定を得ることができる。どの操作者にとっても探知機を確実に完全に垂直に保持することは容易ではないため、このことは重要である。

本発明のこの局面は、そこから電磁信号が伝送され得るいかなる導電性のある物体の探知にも適用できる。上で述べたように、本発明は主に、埋込まれた光ファイバ接続の金属シースに信号を与えかつそこから発生される電磁場を検出することによる埋込まれた光ファイバ接続の探知に関するが、本発明はこの応用分野に限定されるわけではない。

上述のように、3つ以上のアンテナを備える探知機では、探知機が物体に接近するに従ってより正確な測定を行なうことが可能となるため、3つ以上のアンテナを備える探知機が好ましい。探知機に関する物体の位置はいずれのアンテナ対によっても決定することができるため、探知機と物体との距離に依存してアンテナ対の選択を変えることが可能である。アンテナ対のこの切換は、それが自動的に行なわれる場合、本発明の第2の独立した局面を表わす。

上述のように、本発明の探知機は、探知される物体の相対位置だけではなく、物体の延びる方向の、Y方向に関する傾斜角も決定することができるようにする3軸アンテナを有していてもよい。その結果、探知機の現在の位置から離れてはいるが近接した位置にある物体によって発生される磁場を予測することが可能になる。その後探知機をその場所に動かし、場が測定されると、測定された場と予測さ

れた場との一致により、測定の信頼レベルの尺度が与えられる。この動作は、探知機を予め定められた横方向の変位まで動かすことによって行なわれてもよい。しかしながら、垂線に関する探知機の傾斜を変えることによって同様の効果を達成することができる。そのような傾斜の変更は傾斜センサによって測定することができるため、傾斜センサが傾斜のいかなる変化をも判断し得るため探知機を予め定められた分だけ動かす必要はなくなる。これにより、操作者は物体の探知の信頼度の測定を行なうために単に垂線に関する探知機の角度を変えるだけでよくなるため、操作者に必要な動作が簡略化される。したがって、この探知機を動かすことによる信頼測定を得るための方法は、本発明の第3の独立した局面を表わす。

探知機が地面差込型プローブである場合、通常、プローブは、操作者によって地下にある物体のおおよその位置に駆動される穴あけデバイスである。操作者にはプローブのヒップと地下の物体との間の距離に関する情報が与えられるため、アンテナからの情報を用いて、探知機はプローブのヒップを地下の物体に近接させることができ、プローブの動きを適切に制御することができる。

プローブは、残りのプローブをそこから取りはずすことができる外部シースを

有していてもよい。その場合、シースとともにプローブは、埋込まれた物体に達するまで地面に挿入され、その後、残りのプローブは検査またはメイン

テナンスのためのアクセスを可能にするためにシースから取りはずされる。たとえば、地下にある物体に関する視覚的な情報を与えるためにシースに内視鏡を挿入してもよい。シースは、その後のアクセスのためまたはマーカとして同じ場所に残されてもよい。

代替的には、一旦プローブが地下の物体に近づけられかつ地面から抜き取られるとプローブによって残された空間に挿入される内視鏡または他の検査手段によって地下の物体を視覚的に検査することが可能となるため、プローブは穴を残す。

プローブが穴あけデバイスである場合、アンテナからの情報は穴あけ力を制御するために用いられ得る。たとえば、プローブが地下の物体から遠く離れているとき、プローブが地下の物体の方にすばやく移動するように穴あけ力は大きくてもよい。プローブが地下の物体に近づくにつれ、この地下の物体にプローブが力強く当たることを防ぐために、プローブが地下の物体のすぐ傍に達したときに穴あけ力が最小になるように穴あけ力は低減され得る。

上で議論した本発明の局面では、アンテナは物体からの信号を検出する。通常、信号は別個の送信機からその物体の導体に与えられる。しかしながら、そのようなシステムを地面差込型プローブを用いた地下の物体の探知に適用する場合、プローブが地面に入るときに当たる可能性がある他の物体が存在し得るという危険性がある。非金属の物体

に関しては、そのような物体と接触するとまたは接触する直前にプローブの動きを停止させることができるようにするためにたとえばレーダまたは加速度計のような他の検知手段を設けることによってこの問題を解決することができる。このような他の検知手段は、固体の物体に関する特定の検知および／または探知のタスクのために用いることもできる。しかしながら、地下にある物体が導体である場合、プローブが送信機をその中に有することが可能であり、この送信機は、地

下にある物体にさらなる信号を引き起こす信号を送り、このさらなる信号はその後検出され得る。これは、たとえば、調査したい敷地に異なる導体の密なネットワークがある場合に有用であろう。

代替的には、プローブは、たとえば50Hzまたは60Hzの幹線電力または無線信号のような、地下の物体に既に存在する信号に基づいてこの物体を検出しかつ探知してもよい。

さらなる発展例では、物体は、予め定められた信号を送ることができる1つ以上のデバイスをその上に有していてもよい。そのような送信機はそれ自体たとえば畜産学から既知であり、そこでは、そのような送信機はRFIDシステムと呼ばれる。探知機にはそのようなデバイスを検出するための手段が設けられ、したがって、物体のさらなる識別を達成することができる。

本発明では、物体と探知機との間の空間関係が決定され

る。したがって、本発明を用いれば、たとえばその周波数を変える可聴信号ではなく、その空間関係を示す視覚的なディスプレイを生成することが可能となる。したがって、そのような視覚的なディスプレイの生成は、本発明の第4の局面である。

この第4の局面では、たとえば地面差込型プローブのような探知機の操作者は、探知機の動きを制御するために視覚的なディスプレイを用いることができる。探知機がたとえばドリルのような地面差込型プローブである場合、使用者は、ディスプレイを変更し、ドリルが地下にある物体に接近するようにドリルの移動方向を変えることができる。したがって、使用者は、ドリルのターゲットを常に確実に地下の物体の方に向けることができる。使用者には間隔を示す視覚的なディスプレイが与えられるため（さらに、プローブが物体に接近するとそのディスプレイの倍率を変えることができ得るため）、使用者は、物体のすぐ近くでプローブの動きを停止させることができるであろう。しかしながら、上述のように、不慮に物体に損傷を引き起こす危険性を低減するために、本発明の第2の局面に従ってプローブの移動速度の自動制御があることが好ましい。

この第4の局面の視覚的なディスプレイは、好ましくは、使用者の垂直な照準

線でプローブと地下にある物体との空間関係を示すヘッドアップディスプレイである。これは、使用者がそのディスプレイを見ながら同時にプローブの動

きも見ることができるという利点を有する。

実際には、そのようなヘッドアップディスプレイは他の種類の探知機に適用されてもよく、したがって、本発明の第5の独立した局面である。

調査したい敷地に複数個の隣接する物体があることがよくある。たとえば、異なるユーティリティのケーブルが同じような経路を辿らなければならない場合、地面差込型プローブの操作者は特定の敷地の地下にあるすべての物体の存在を知らなければならないことが多い。すべての地下の物体が同じ電磁信号を発生する場合、探知機のアンテナは単に、発生された複合場を記録するだけであろう。しかしながら、異なる地下の物体に、たとえば異なる周波数の信号のような異なる信号が与えられると、探知機は受け取った信号の適切な変調により、異なる物体を識別することができる。したがって、適切な分析により、地下の物体の各々から探知機までの距離を判断することができ、さらに、各々の地下の物体をディスプレイ上に表示することができる。したがって、操作者には、その敷地の地下にあるすべての物体の位置を示す情報が与えられる。これは、たとえば、地面差込型プローブが確実に特に問題の物体にのみ接近し地下の他の物体を避けるという点で重要である。探知機に関する物体の位置がわかっているため操作者にはこれらの物体の関連する位置を示す視覚的なディスプレイが与えられるため、操作者は地面差込型プローブを地下にある

1つの物体に近づけながらその敷地の地下にある他の物体と接触しないようにすることができる。

常に実用的であるわけではないが、地下にある物体に異なる信号を与えることに対する代替例として、敷地の地下にある各物体が、地下の特定の物体を識別する符号化された信号を発生する上述のような活性マーカを保持していれば、これらの物体を区別することができる。その場合、探知機がその敷地の地下にある物体の数を識別する情報を検出することができるため、探知機は受け取った信号を

異なる物体に対応する異なる成分に分解することができる。

上述のように、地面差込型プローブは地下にある物体に向かって地中に駆動される。地面が非常に柔らかい場合、これは単に使用者が地面差込型プローブに力を加えるだけで行なうことができるが、好ましくは、機械的な駆動が与えられる。

本発明の第6の局面に従えば、その駆動は反対方向に回転する質量によって与えられる。2つの質量が旋回点のまわりで角速度で駆動されると、2つの質量間の位相によっておよび質量自体によって決定される正味の力が旋回点に存在するであろう。これらの質量およびその間の位相を適切に構成することにより、時間平均がゼロであっても、下方向の力の大きさがいかなる上方向の力よりも大きくなるように力の変動を構成することができる。差込型プローブが移動するためには地面との摩擦に打ち勝たなければなら

ないことを考慮すると、これらの力は、下方向の力が地面差込型プローブを地中に駆動するのに十分である一方、上方向の力は地面差込型プローブを下方向の力と同じ程度上方向に駆動するのに十分には摩擦に打ち勝たず、そのため、正味の動きは下方向の動きである。同様に、質量の回転の位相を変えることによって、上方向の力の大きさが下方向の力の大きさよりも大きくなるようにシステムを再構成することができ、その結果、地面差込型プローブは地面の外に駆動される。好ましくは、2つのそのような質量対は横方向の力を相殺するために用いられる。

#### 図面の簡単な説明

次に、添付の図面を参照して本発明の例示的な実施の形態を詳細に説明する。

図1は、本発明に従った地面差込型プローブと地下にある物体との間の関係を示す概略側面図である。

図2は、図1の地面差込型プローブに対応する上面図である。

図3は、図1の地面差込型プローブと地下にある2つの物体との間の関係の測定を示す概略図である。

図4は、地下にある物体に関する図1の地面差込型プローブの動きを示す図で

ある。

図5Aは、図1の地面差込型プローブの実用的な実施の形態を示す図である。

図5Bは、該実施の形態のハンドルをより詳細に示す図

である。

図5Cは、図5Aの実施の形態のアンテナのコイルの構成をより詳細に示す図である。

図6は、図1の地面差込型プローブとともに用いるための信号処理システムを示す図である。

図7は、本発明を実施する探知機の詳細な実施の形態の概略図である。

図8～図10は、図7の実施の形態の工具ヘッドを示す図であり、図8は横断面図であり、図9は断面図であり、図10は部分的に断面図になった側面図である。

図11aおよび図11bは、図8～図10の工具ヘッドの偏心器での質量の動きを示す図である。

図12は、図8～図10の工具ヘッドで達成される加速特性を示すグラフである。

図13は、図7の探知機のヘッドアップディスプレイによって生成されるディスプレイの概略図である。

図14は、本発明の別の実施の形態である携帯用探知機を示す図である。

図15は、図14の実施の形態の探知機およびディスプレイユニットをより詳細に示す図である。

図16は、図15のディスプレイユニットによって生成される典型的なディスプレイを示す図である。

#### 詳細な説明

上で説明したように、上で議論した本発明の種々の局面

は探知機と物体との間の距離の検出に基づくものである。本発明は特に地面差込型プローブと地下にある物体との間の距離の検出に関するものであるが、これに



限定されるわけではない。次に、そのような検出の根底にある基本的な原理を図1～図4を参照して議論する。

まず最初に図1を参照して、地面差込型プローブ24は3つのアンテナ21、22、23を有する。これらのアンテナは、地下にある電流を運ぶ導体のような物体26で発生される電磁場を検出する。そのような放射を検出することができるアンテナの構造はそれ自体既知であり、ここではこれ以上議論しない。

これらのアンテナのうちの1つである21は地面差込型プローブ24の先端からある距離または既知の距離だけ離して配置され、他の2つの検出器22および23はそれぞれ第1のアンテナ21から地面差込型プローブ24に沿って既知の間隔S1およびS2で配置される。地面差込型プローブ24は、アンテナ21～23が検出した信号が処理されるように、これらのアンテナが既知の間隔および一定の配向を確実に有するようにする。

地面差込型プローブ24が地下にある物体26に近い地面中に移動され、その物体がAC信号を運んでいる場合、アンテナ21および22によって電磁場が検出され、それによって、位置ベクトル $V_1$ 、 $V_2$ を計算することができ、地下にある物体26から地面差込型プローブ24までの距

離をたとえばXおよびYの位置座標に関して決定することができる。そのような計算は、プローブ24を介してアンテナ21～23に接続される適切なプロセッサ25によって行なわれ得る。

したがって、

Bがアンテナ21で検出された場の合計であり、

Tがアンテナ22で検出された場の合計であり、

B<sub>h</sub>がアンテナ21での場の水平方向の成分であり、

T<sub>h</sub>がアンテナ22での場の水平方向の成分であり、

B<sub>v</sub>がアンテナ22での場の垂直方向の成分であるとする、

XおよびYの位置座標は以下の式で表わされる。

$$Y = \frac{SI \cdot \frac{Bh}{B} \left( \frac{Bh}{B} + \sqrt{\frac{B^2}{T^2} - \frac{Bv^2}{B^2}} \right)}{\frac{B^2}{T^2} - 1}$$

$$X = Y \cdot \frac{Bv}{Bh}$$

XおよびYの座標を計算することができるため、ベクトル $V_1$ および $V_2$ の位置を計算することができる。これらの式は1つの導体という単純な場合に当てはまるものであり、例示的に示されるものである。

さらに、アンテナ21～23の各々が3軸直交アンテナシステムに基づく場合、地下にある導体26に関する地面

差込型プローブ24の平面回転の角度 $\theta$ を得るために、図2に示すような第3の配向ベクトル $V_3$ を得ることも可能である。したがって、XおよびY座標と角度 $\theta$ を知ることによって、使用者に、地下にある物体26から地面差込型プローブ24まで、特にその先端までの距離を示す情報を与えることができる。そうすれば、使用者は、その距離を縮めるように、たとえば、地面差込型プローブ24の先端を地下にある物体26の間近に持っていくように、地面差込型プローブ24の動きを方向づけることができる。

上述の説明から、地面差込型プローブ24の先端と地下にある物体26との距離を判断するためにはアンテナは21および22の2つしか必要でないことがわかる。しかしながら、地面差込型プローブ24の先端が地下にある物体に接近すると、その距離の判断に図3に示すような第3のアンテナ23を用いることが可能である。地下にある物体26からプローブ24の先端までの距離が小さいとき、第1および第3のアンテナ21および23によって行なわれる測定により、その距離のより正確な測定値が得られる。

さらに、図3は、アンテナ23はプローブの先端が地下にある物体26に近いときにしか用いられないため、プローブ24の先端が地下にある物体26に接近すると、たとえば物体27のような、電磁場を発生する他の物の影響が低減されることも示している。アンテナと地下にある物体との距離に対するアンテナ間の

距離の比率が変わると、物

体27を地下にある所望の物体26ではないとして識別することができるようにする物体27からの信号の相対的な効果が低減される。さらに、地下にある物体26に対する既知の接近により、間隔がより広くあけられたアンテナのみを用いる場合に比べてより信頼性高く信号電流の方向および振幅を決定できるようになる。

上で述べたように、プロセッサ25は、地下にある物体26からプローブ24の先端までの距離を判断する。したがって、プローブ24の配向の角度が変わっても、この変化が地下にある物体26からプローブ24の先端までの距離に影響を及ぼさないはずである。したがって、地面差込型プローブ24が図4の位置AからBに角度 $\phi$ だけ旋回されても、地下にある物体26の位置の測定値は変化しないはずである。同様に、プローブ24が横方向に、たとえば、図4に示す位置Cに動かされる場合、位置AからCへの横方向の移動はプローブ24に関する物体26の位置の変化に対応する。すなわち、物体26はその絶対位置を維持するはずである。

得られる位置情報の精度を妨げる1つの可能な要素は、真の垂線からの探知機軸の傾斜である。これには、それを用いて探知機データの適切な補償によりターゲット物体の真の位置を計算することができる、垂直方向の引力軸からの角度のずれに対応する電気データを与える何らかの適切な設計の2軸傾斜センサを組込むことによって対処するこ

とができる。

図1および図4を参照して説明したような探知機システムの実用に関する制限は、この探知機システムが共通の中心および垂直軸を有するアンテナアレイを用いることである。これは直交コイルに共通な球形コアを用いても実用化するのは困難であり、別個のソレノイドコイルおよびコア、または他の種類の対応する磁場センサアレイでも、高精度で共通の中心を達成することは不可能である。したがって、アンテナのコイルの中心からのずれに対する数学的な補償を組込むこと

が好ましい。

マルチアンテナ探知機からの位置データの精度に対する別の制限は、磁場の摂動である。したがって、探知の精度を向上するためまたは得られたデータの信頼レベルを確立するために、検知された場の摂動に対する数学的な補償を組込むことが望ましい。

アンテナのコイルの中心からのずれおよび場の摂動を考慮に入れるために必要な数学的補償を組込むと、XおよびYを決定するための上で言及した式を用いることができないことになる。その代わりに、以下に説明するようなより複雑な式が必要となる。図1を参照し、さらに、地面差込型プローブ24が角度 $\phi$ だけ傾斜しているとすると、以下の式が得られる。

$$V_1 = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$V_2 = \sqrt{(x + S_1 \cos \phi)^2 + (y + S_1 \sin \phi)^2}$$

そうすると、アンテナ21からケーブルまでの角度 $\alpha$ およびアンテナ22からケーブルまでの角度 $\beta$ を規定することができる。さらに、アンテナ22の垂直方向のコイルの場は以下の式で表わされ、

$$T_1 = \frac{I \cos(\pi - \beta)}{V_2}$$

ここでIはケーブル電流である。

同様に、アンテナ22のコイルのうちの水平方向のコイルの一方の場は、以下の式で表わされ、

$$T_2 = \frac{I \sin(\pi - \beta)}{V_2} \cdot \cos \theta$$

この第1の水平方向のコイルに垂直な、アンテナ22の他方の水平方向のコイルの場は、以下の式で表わされる。

$$T_3 = \frac{I \sin(\pi - \beta)}{V_2} \cdot \sin \theta$$

同様に、アンテナ 2 1 の垂直方向のコイルの場は、以下の式で表わされる。

$$B_1 = \frac{I \cos(\pi - \alpha)}{V_1}$$

アンテナ 2 1 の水平方向のコイルのうちの一方のコイルの場は、以下の式で表わされ、

$$B_2 = \frac{I \sin(\pi - \alpha)}{V_1} \cdot \cos \theta$$

アンテナ 2 1 の水平方向のコイルの他方のコイルの場は、以下の式で表わされる。  
。

$$B_3 = \frac{I \sin(\pi - \alpha)}{V_1} \cdot \sin \theta$$

アンテナ 2 1 および 2 2 によって測定される信号は場に直接関係するため、それらの信号をケーブル位置の計算に

直接用いることができる。

したがって、アンテナ 2 2 での場の合計 T は以下の式で表わされ、

$$T = \sqrt{(T_1^2 + T_2^2 + T_3^2)}$$

アンテナ 2 1 での場の合計は以下の式で表わされる。

$$B = \sqrt{(B_1^2 + B_2^2 + B_3^2)}$$

$V_1$  は 2 次方程式の解であり、したがって、以下の 2 つの可能な解がある。

$$V_1^{(1)} = \frac{S_1}{(\frac{B}{T}-1)} \left( \sqrt{\frac{B_2^2+B_3^2}{B}} + \sqrt{\frac{B_1^2+B_2^2+B_3^2}{T_1^2+T_2^2+T_3^2} + \frac{B_1^2}{B_2^2+B_3^2}} \right)$$

$$V_1^{(2)} = \frac{S_1}{(\frac{B}{T}-1)} \left( \sqrt{\frac{B_2^2+B_3^2}{B}} - \sqrt{\frac{B_1^2+B_2^2+B_3^2}{T_1^2+T_2^2+T_3^2} - \frac{B_1^2}{B_2^2+B_3^2}} \right)$$

解  $V_1^{(1)}$  および  $V_2^{(2)}$  のうちのいずれを選択するかは、アンテナ 2 2 での水平方向の場の符号に依存する。

$$V_2 = \frac{S_1}{(1-\frac{B}{T})} \sqrt{\frac{T_2^2+T_3^2}{T}} + \sqrt{\frac{T_1^2+T_2^2+T_3^2}{B_1^2+B_2^2+B_3^2} - \frac{T_1^2}{T_2^2+T_3^2}}$$

ゆえに、

$$Y = (B_1 - T_1) \left[ \frac{V_1 V_2}{B V_2 - T V_1} \right]$$

$$X = \frac{V_1 \sqrt{B_2^2+B_3^2}}{B}$$

2つの水平方向のコイルの軸が交差しない場合、上述の計算を補正する必要がある。

2つのアンテナ 2 1 および 2 2 での 1 方向の水平方向の場の和  $H_2$  を以下のよう規定する。

$$H_2 = B_2 + T_2$$

同様に、2つのアンテナ 2 1 および 2 2 での該方向に垂直な方向の水平方向の場の和  $H_3$  を以下のように規定する。

$$H_3 = B_3 + T_3$$

この場合、 $\theta$  は  $H_2$  と  $H_3$  との比のアーктanジェントである。

2つのコイルの軸が距離dだけ変位されていれば、以下の式に示すようにXに対する補正が必要である。

$$X_{corr} = X + d \sin \theta$$

これらの差はプローブの傾斜に関して補正され、下方のセンサ21からケーブル26までの垂直方向の距離Dと、下方のセンサ21からケーブル26までの水平方向の距離Hとが以下の式で与えられる。

$$D = X \cos \phi + Y \sin \phi$$

$$H = X \sin \phi + Y \cos \phi$$

図5A～図5Cは、本発明の1つの実施の形態である地面差込型プローブの実用的な実施の形態をより詳細に示している。

本実施の形態では、アンテナ150A、150Bおよび150Cの間隔が固定されるように、管状ハウジング160内に3つのアンテナ150A、150Bおよび150Cが含まれる。したがって、これらのアンテナは図1～図4のアンテナ21～23に対応する。

各アンテナ150A、150B、150Cは、互いに約90°の公称上水平方向のコイル151および152と、公称上垂直方向のコイル153とを有する。コイル151、152および153が地面差込型プローブのような径の小さい管状ハウジング160に組込むために設計される場合、これらのコイルの長さ対直径の比は必然的に低くなり、そのため、寸法が僅かに変動すると、真の垂線からかなり離

れることになる。さらに、各アンテナ150A、150B、150Cの個々のコイルが互いに垂直方向に離れていることは、測定 of 3つの軸が共通の中心にないことを意味するが、これらの3つのアンテナ間の垂直方向の間隔は、支持構造154によって非常に正確に制御することができる。この支持構造は典型的には硬いプラスチックからなり、図5Cに詳細に示すようにコイルを収容するために、

適切に配置されたスロットを組込む。支持構造154は外部管状ハウジング160内にしっかりと取付けられる。このチューブは、地上で携帯用探知機として用いられる場合ハンドル156を有していてもよく、穴あけの応用では地面差込型チューブであってもよい。管状ハウジング160は電氣的相互接続157（図5B参照）を備え、必要に応じて、回路板と、たとえば158およびたとえば159の傾斜センサのような他の検知手段を組込むこともできる。

図5の検知手段158として用いることができるであろう1つの可能なセンサは、トランスポンダタイプのマーカにインタロゲート（質問）するように設計されるセンサである。そのようなマーカの技術はそれ自体既知であり、センサはマーカを識別する方法でマーカにインタロゲートする。マーカは、特定の搬送周波数に調整されたトランスポンダを組込む。さらに、探知機中のセンサ158は、調整されたピックアップコイルを用いて、トランスポンダにおいて誘導により変換されるエネルギーをトランスポンダに伝

達し、マーカの返送回路に電力を与える。返送回路の出力は搬送周波数であるが、マーカを、したがってマーカが取付けられる物体を識別するデータを復号化するためにマーカ内の適切な手段によって変調される。この変調は、センサ158の受信回路によって復号化される。一旦マーカが識別されると、以下により詳細に説明するように適切なディスプレイが生成され得る。

図1～図4のプロープ24が横方向に動かされるかまたは旋回されても地下にある物体26の位置の測定値は変化しないはずであることは上で述べた。これにより、地下にある物体26の探知の信用度を容易に測定することができるようになる。図4を参照して、位置Aで地下にある物体26の位置を測定し、その後地下差込型プロープ24を既知の量だけ位置Cに動かすとする。探知機の処理手段が位置Aと位置Cとの横方向の距離を知っていれば、位置Aでの測定値により位置Cでの測定結果の予測をすることができるはずである。物体26の位置が変わらず、位置Aと位置Cとの距離がわかっているため、位置Cでアンテナ21および22によって測定される場合は予測可能である。したがって、プロープ24が位置Cに動かされ測定が行なわれると、位置Cでの実際の測定値と位置Aでの測定



値から予測した測定値とを比較することができる。これらの測定値が一致すると、物体26は正確に探知されており、高い信頼度がある。しかしながら、Cでの予測測定値とその位置

での実際の測定値との間にかなりの差があれば、物体26の探知の精度は疑問であり、信頼度は低い。この手順では、位置Aと位置Cとの横方向の距離がわかっていなければならない。したがって、地面差込型プローブ24の使用者は、プローブ24をその既知の量だけ動かさなければならない。これは不便であるか、または実用的に行なうことは困難であろう。しかしながら、プローブ24を図4の位置Aから位置Bに角度 $\phi$ だけ旋回させることによって同様の効果を達成することができる。再び、位置Aで測定が行なわれるとすると、その角度がわかっているならば、位置Bで行なわれる測定結果を予測することが可能である。さらに、図5を参照して説明した傾斜センサを用いることによって角度を測定することが可能であり、その角度の測定値を予測に適用することかできる。したがって、傾斜センサによって傾斜角を独立して測定することができるため、使用者がプローブ24を既知の量だけ動かす必要はなくなる。したがって、使用者が位置Aで物体26の位置を判断し、プローブ24をいずれかの適切な量 $\phi$ だけ傾斜させると、処理手段は測定された傾斜角 $\phi$ に基づいて予測測定値を計算し、それと同時に、傾斜角 $\phi$ での実際の測定値を決定する。これにより、実際の測定値と予測測定値とを比較することができ、測定の信頼度の尺度が与えられる。

図6は、アンテナ21～23の各々における信号処理システムを示している。対応するアンテナ21～23からの

信号IPは、増幅器30およびローパスフィルタ31を介してアナログ／デジタルコンバータ32に通過する。ローパスフィルタ31は信号中の不必要な周波数を取除き、その結果、アナログ／デジタルコンバータ32によって発生される信号がデジタル信号プロセッサ33に通過して振幅および位相信号が発生される。図6は、デジタル信号プロセッサ33を、増幅器30の利得を制御するために用いることができることも示している。このようにしてアンテナ21～2

3の各々から発生される振幅および位相信号は、プローブ24と地下にある物体26との関係を規定するX、Yおよび $\phi$ の測定値を計算するマイクロプロセッサ34に通過し、適切な記録システム35にストアされ得るおよび／またはディスプレイ36（たとえば、ヘッドアップディスプレイ）を生成するために用いられ得る。

本発明の別の実施の形態を図7に示している。この実施の形態では、地面差込型プローブは、工具ヘッド41から駆動される穴あけバー40である。穴あけバー40は上で説明したアンテナ21～23を含むが、これらのアンテナは穴あけバー40内に含まれるため、図7では見えない。工具ヘッド41はベースステーション42および電力線43を介して電力を受け取り、ベースステーション42はそれ自身の電源を含んでいるかまたは別個の電源44から電力を供給される。この別個の電源44は図7の実施の形態では乗物に搭載されており、そのため、システム全体を運

搬することができる。ベースステーション42は上で説明したプロセッサ25も含み、このプロセッサは使用者のベルトに付けられたパック46にも接続される線45を介して、穴あけバー40のアンテナから信号を受け取る。このようにして、プロセッサは線45およびパック46を介してヘッドアップディスプレイ47に信号を送ることができ、使用者は、地下にある物体から穴あけバー40の先端までの距離の即座の視覚的表示を得ることができる。

地下にある物体に関する穴あけバー40の動きのより永久的な記録を与えるために、ベースユニット42には、アンテナから得られるデータをストアするための適切なメモリが備えられてもよい。他の電磁場源があるという警告または穴あけバー40が地下にある物体に非常に近接しているという警告を与えるようにシステムを構成しても、これらの警告はベースユニット42に送られ、線45およびパック46を介して使用者用のイヤホン48に送られることができる。

次に、図8～図10を参照して、工具ヘッド41による穴あけバー40への電力供給について説明する。

図8の断面図は、穴あけバー40が、コレット50によって、工具ヘッド41

のケーシング52にしっかりと固定される中空のシャフト51に押しつけられることを示している。ハンドル53は、振じりアセンブリ54を介してケーシング52に弾力的に取付けられる。図8では、ハンド

ル53および振じりアセンブリ54の左側を断面図で示しており、ハンドル53および振じりアセンブリ54の右側に関してはその外部から見た図を示している。振じりアセンブリ54は、穴あけヘッド41から使用者に伝わる振動を低減する。使用者が穴あけバーの動作を制御することができるようにするために、好ましくは、ハンドル53の一方に隣接して制御スイッチ55が設けられる。

工具ヘッド41を平面図で示している図9からわかるように、スイッチ55は、ワイヤ56を介して、モータ58を制御する制御ユニット57に接続される。モータ58は図10の側面図にも示されており、図10は、モータ58用の別個のケーシング59および直角のギアボックス60を示している。このギアボックス60は、ギアトレイン62によって1対の反対方向に回転するシャフト63に結合されるシャフト61にモータ58を接続する。これらの軸63の各々は偏心器64にしっかりと結合され、空動きにより同調偏心器65にしっかりと結合される。空動きを用いる目的は、モータの方向に応じて穴あけバー40を下方向または上方向に駆動するように工具ヘッド41のケーシング52を振動させるために、偏心器の回転の正味の効果を変えることである。

次に、図11a、11bおよび12を参照して駆動システムの原理を説明する。

まず、質量 $m_1$ および $m_2$ がそれぞれの軸 $P_1$ および $P_2$

$z_2$ のまわりで同じ角速度 $\omega$ であるが反対方向に回転される、図11aに示される場合について考える。この場合、シヌソイド的（正弦曲線的）に変化する、軸 $P_1$ および $P_2$ で支持ゾーン上で発生される正味の力 $f$ がある。

次に、それぞれ軸 $P_1$ および $P_2$ のまわりで角速度 $\omega_2$ で反対方向に回転する2つのさらなる質量 $m_3$ および $m_4$ がある場合を考える。この場合、図11bに示されるように、ここでもシヌソイドである力 $f_2$ が発生される。正味の力は質量お

よび角速度に依存し、これは質量の回転位相を決定する。

力  $f_1$  および  $f_2$  がともにシノソイドであるため、サイクル全体での正味の力がゼロであることは明らかである。したがって、一見したところでは、地面差込型プローブは動かないであろう。しかしながら、これは、地面と地面差込型プローブとの間の摩擦を考慮にいれておらず、いかなる動きが起こる前にもこの摩擦に打ち勝たなければならない。さらに、最大の力を上方向または下方向のいずれかにすることが可能であり、そうすれば最大の力は他の力よりも大きい分だけ摩擦に打ち勝つことができるため、地面差込型プローブに正味の動きが与えられるであろう。

本発明のこの実施の形態では、軸  $P_1$  および  $P_2$  はシャフト 63 に対応し、質量  $m_3$  および  $m_4$  が等しいのと同様に、質量  $m_1$  および  $m_2$  は等しい。さらに、質量  $m_3$  および  $m_4$  がより小さいとすると、 $\omega_2$  は  $\omega_1$  の 2 倍である。

さらに、サイクル中に、質量  $m_1$  および  $m_3$  が同時に点  $P_1$  の真上にあり同様に質量  $m_2$  および  $m_4$  が同時に点  $P_2$  の真上にあるポイントが存在するように質量間の位相が選択されたとする。その場合に結果として得られる加速プロファイルを図 12 の実線で示している。図 12 は、サイクル全体の時間平均の加速はゼロであるが、上方向の加速がサイクルのどの時点の下方向の加速よりも大きい最大値を有することを示している。さらに、地面差込型プローブと地面との間に生じるであろう摩擦を考慮に入れなければならない。図 12 の  $x$  の正味の加速がその摩擦に打ち勝つ必要があるとする。その場合、上方向の加速が摩擦抵抗に打ち勝つのに十分であることが図 12 からわかり、そのため、地面差込型プローブは上方向に移動する。しかしながら、下方向の加速は摩擦に打ち勝つのに十分ではなく、したがって、地面差込型プローブの正味の動きが存在する。同様に、質量  $m_1$  および  $m_3$  が点  $P_1$  の真下に整列されかつ質量  $m_2$  および  $m_4$  が点  $P_2$  の真下に整列されるように質量の位相を構成することによって、正味の加速は図 12 の点線に対応するようになる。下方向の加速は摩擦力に打ち勝ちそれによって地面差込型プローブに動きを与える一方、上方向の動きは摩擦に打ち勝たないことを容易に認識することができる。

したがって、質量間の位相を適切に制御することにより、回転する質量の効果およびそれらの質量の摩擦力との相互

作用によって地面差込型プローブの上方向または下方向の動きを達成することができる。

再び図7を参照して、ヘッドアップディスプレイ47は、地下にある物体上の地面差込型プローブの相対位置の視覚的ディスプレイを与える。このヘッドアップディスプレイの構造は、半透明の球形ミラーからの光がコリメートされしたがって見る人によって少し離れたものとして認識されるようにこの球形ミラー上に像が投影される、フレーザ・ナッシュ・テクノロジー・リミテッド (Fraser-Nash Technology Limited) 製造のディスプレイに対応するものであってもよい。

本発明で生成され得るディスプレイを図13に示している。このディスプレイは3つのウィンドウ80、81および82を有する。ウィンドウ81は、ウィンドウ80に現われる、地面差込型プローブの先端付近の画像を拡大したものである。ウィンドウ80および81の各々は、地面差込型プローブの画像83、地面に対応する領域84、および地下にある物体の画像85を表示する。これにより、使用者は、地下にある物体の画像85に対する地面差込型プローブの画像83の接近状態を見ることができ、したがって、地面差込型プローブ24を地下にある物体26に向かって地面の中に確実に適切に動かすように、地面差込型プローブ24の動きを制御することができる。したがって、使用者は、地面差込型プローブ24と地下にある物体26

との距離に対応する画像をその直接の照準線で見ることができる。ウィンドウ80の画像はアンテナ21および22を用いて生成することができ、ウィンドウ81の画像はアンテナ21および23を用いて生成することができる。

ウィンドウ82は、地面差込型プローブの長手方向の軸に関する画像85の平面図を与える第1の領域86を有し、地面差込型プローブ24と地下にある物体26との距離に関する数値データも与える。

傾斜センサからの情報は図13に示すディスプレイの生成に用いられ得るため

、地面に対応する図13中の領域84が水平な表面を有するようにするためには、プローブが傾斜センサを含むようにすることが有用である。プローブが水平な位置に維持されない場合、画像83を領域84に関して傾斜させるために傾斜センサからの情報を用いることができる。これは、使用者にプローブが傾斜しているという警告を与えるためだけではなく、物体の真上の地表面にアクセスすることが困難であるためプローブを傾けて物体に接近させる必要がある場合に使用者がプローブを操縦できるようにするためにも有用であろう。そのような傾斜センサがなければ、使用者はプローブを垂直に維持しなければならないが、これは、たとえばプローブ自体の上のアルコール水準器によって達成することができる。しかしながら、その場合、図13に示すディスプレイはプローブの傾斜にตอบสนองせず、したがって、プローブ自体が垂直でなく

ても地表面に対応する領域84の境界は常に画像83に対して垂直になるであろう。これは、画像83の画像85への接近状態に対応する、プローブの物体への接近状態のディスプレイには影響を及ぼさないが、図13のディスプレイではその真の位置への案内にはあまり役に立たないであろう。

地面差込型プローブを地下にあるケーブルの方に向かって地中に駆動する場合に生じ得る1つの問題は、他のユーティリティのケーブルのような地下にある他の物体がすぐ近くにある可能性があることである。すべての物体が電磁信号を発生していれば、地面差込型プローブのアンテナにより検出される、結果として得られる信号は検出される複合信号に対応し、それにより、問題の地下の物体の位置の不正確な測定値を与える。測定値が誤っていることは、地面差込型プローブを予め定められた距離だけ動かすことによって、または、上述のように、地面差込型プローブを傾斜させ、物体の予測位置と測定位置とを比較することによって検出することができる。しかしながら、操作者には地下にある物体の位置が正確に突き止められていないことはわかるが、操作者はその物体の位置を正確に突き止めることができないであろう。ところが、調査したい敷地の地下にある物体の各々が異なる周波数の交流電流を有していれば、地下にある物体の各々によって発生される電磁信号も同様に異なる周波数であり、したがって、探知機での変調

によりこれらの電磁信号を分解することができる。したがって、操作者が、適切な電源によって、調査したい敷地の地下にある物体の各々に異なる周波数の交流電流を与えると、探知機は、探知機と地下にある各物体との距離をXおよびY座標に関して決定することができる。さらに、地下にあるすべての物体の探知機に関する位置がわかるため、これらの物体の互いに関する位置もわかる。したがって、図13に示すディスプレイは、地下にある1つ以上の物体を表示し得る。そのような地下にある第2の物体の画像を87で示している。したがって、調査したい敷地の地下にある物体の各々に異なる信号を与えることによって、地面差込型プローブの操作者には、その敷地にあるすべての物体の位置を示すディスプレイが与えられ得、そのため、地下にある問題の物体に接近しかつ他のすべての物体を避けるように地面差込型プローブを制御することができる。

別の代替例として、地下にある物体の各々は活性マーカを有していてもよい。そのような活性マーカはそれ自体既知であり、特定の搬送周波数に調整されたトランスポンダを有する。トランスポンダがその搬送周波数の信号を受け取ると、エネルギーは調整されたピックアップコイルで誘導によって変換され、トランスポンダの返送回路に電力を供給して出力を発生し、その出力は搬送周波数で周波数変調され、そのため、トランスポンダは、活性マーカを、したがって、この活性マーカが付いている物体を識別する復号

化データを有する。敷地の地下にある物体の各々がそのような活性マーカを有し、各活性マーカが異なる搬送周波数に調整される場合、たとえば探知機自体によって発生される搬送周波数の信号の入力によって活性マーカ自体を識別するために、どの物体の活性マーカもトリガすることができる。したがって、探知機はその敷地の地下にある物体を識別することかでき、これにより、図13に類似した視覚的ディスプレイを生成できるようになる。

図7～図13の実施の形態では地面差込型プローブを構成するのに穴あけバーを用いたが、本発明はそのような穴あけバーを用いることに限定されるわけではなく、ブレードのような他の地面差込型プローブを用いてもよい。さらに、モータにより駆動されるシステムによって地面差込型プローブを駆動することを示し

たが、打ち込むまたは振動する動作を起こすために、空気、液圧、または電気の構成のような他の駆動構成を用いてもよい。穴あけバーは、その地面への差込みを予め定められた深さに制限するために機械的なストップを有していてもよい。この穴あけバーはまた、特に地面が柔らかいときに、土が崩れるのを防ぎかつ視覚的なアクセスを維持するために、スリーブを取付けるための手段を有していてもよい。実際には、差込む敷地から物質を取除いて地下の物体のすぐ傍の物質の細かい層をなくすために、適切な真空抽出手段60（図7参照）が設けられてもよい。

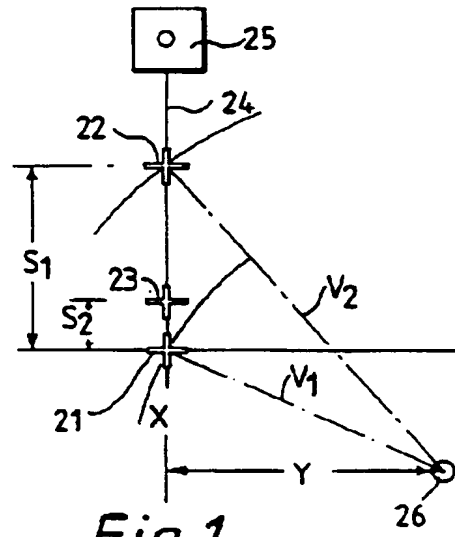
図14は、図7の穴あけプローブの代替例である携帯用探知機の使用を示している。これは、一般に図5の実施の形態に対応する探知機141と、典型的には肩および／またはウエストのストラップによって支持される信号処理およびディスプレイユニット142とを含み、図15にこれらを別々に示している。

図16は、ディスプレイユニット142によるディスプレイの典型的な形態を示しており、地面および探知機の縦断面図を、ターゲットラインと探知機との距離に関する位置データとともに示している。

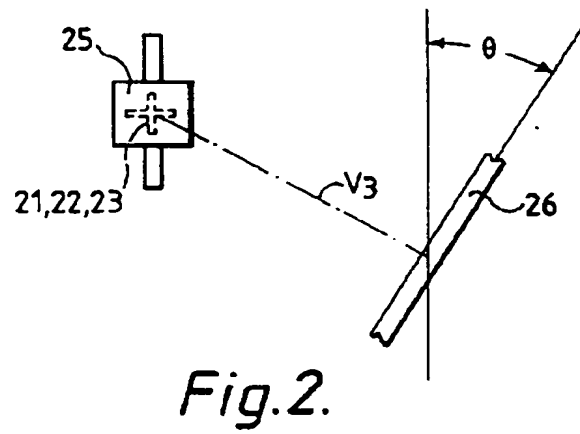
以上、地下にある物体への探知機の主な適用例を説明したが、たとえば案内ケーブルを追跡するために、地面または地上に延びた導体に探知機を同様に適用してもよい。



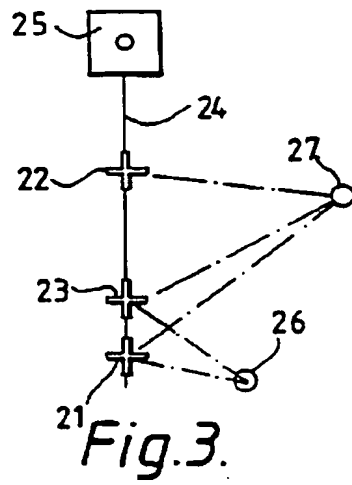
【図1】



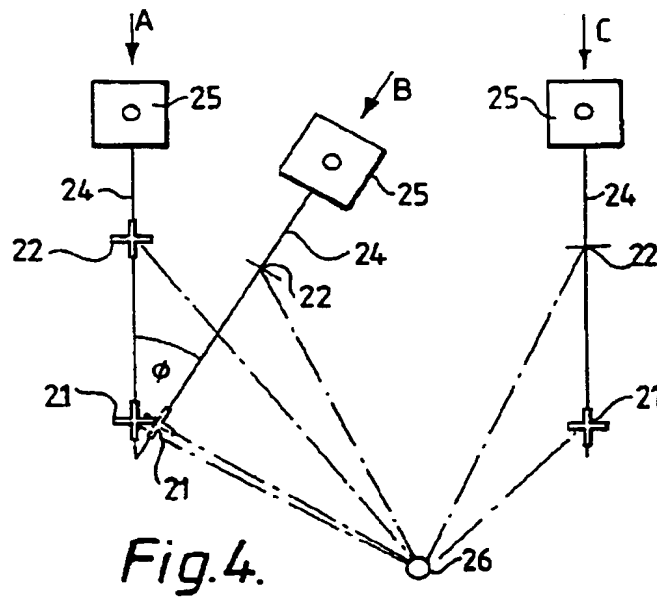
【図2】



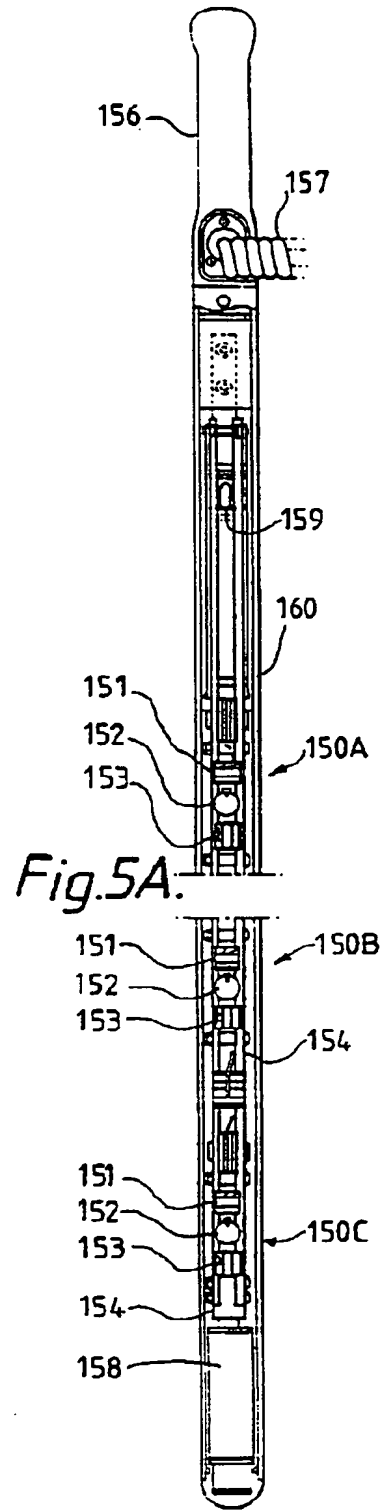
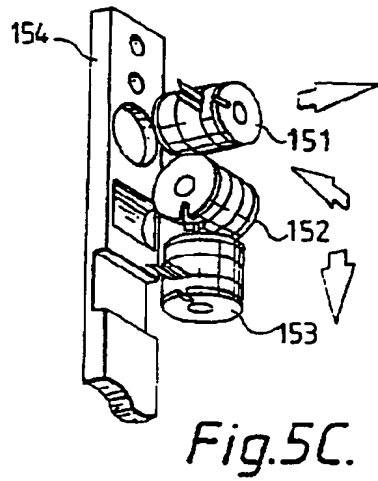
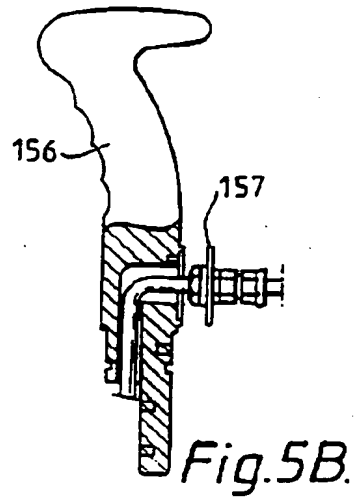
【図3】



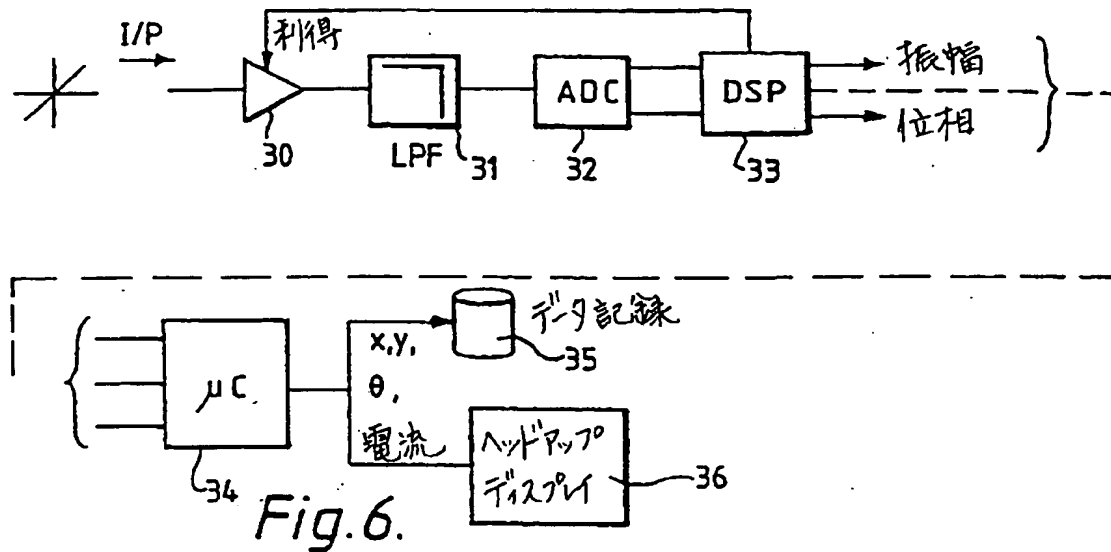
【図4】



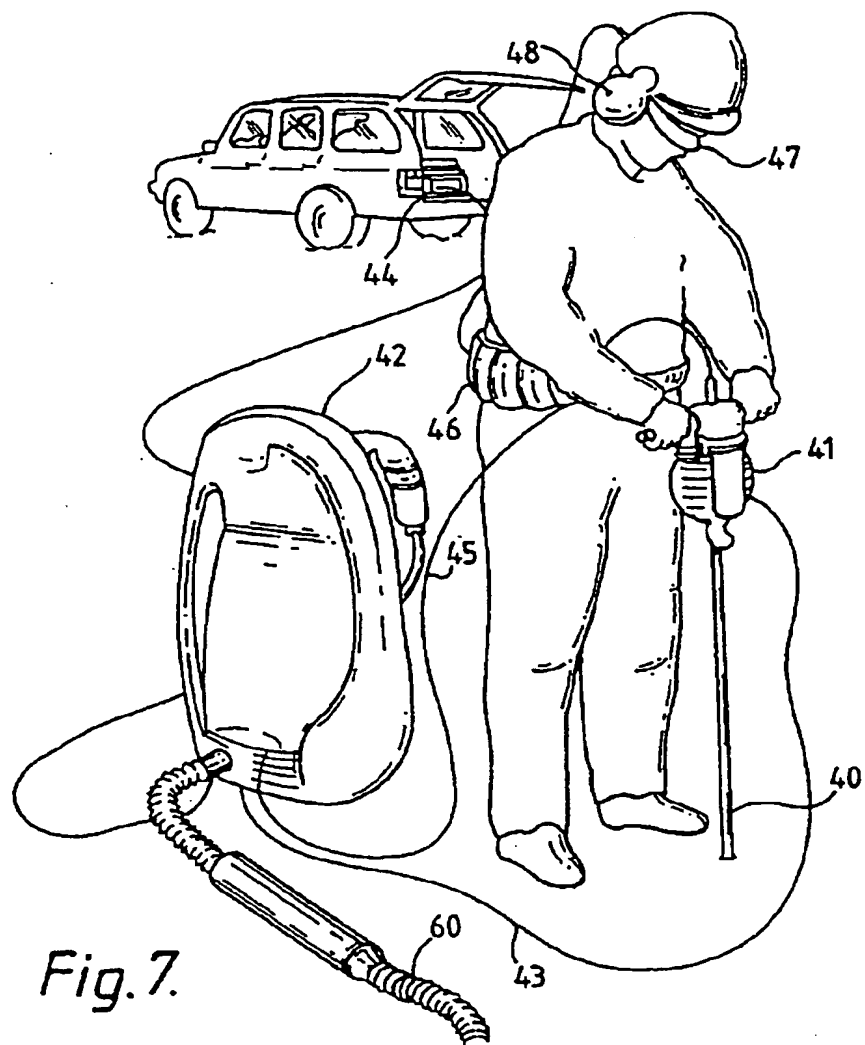
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

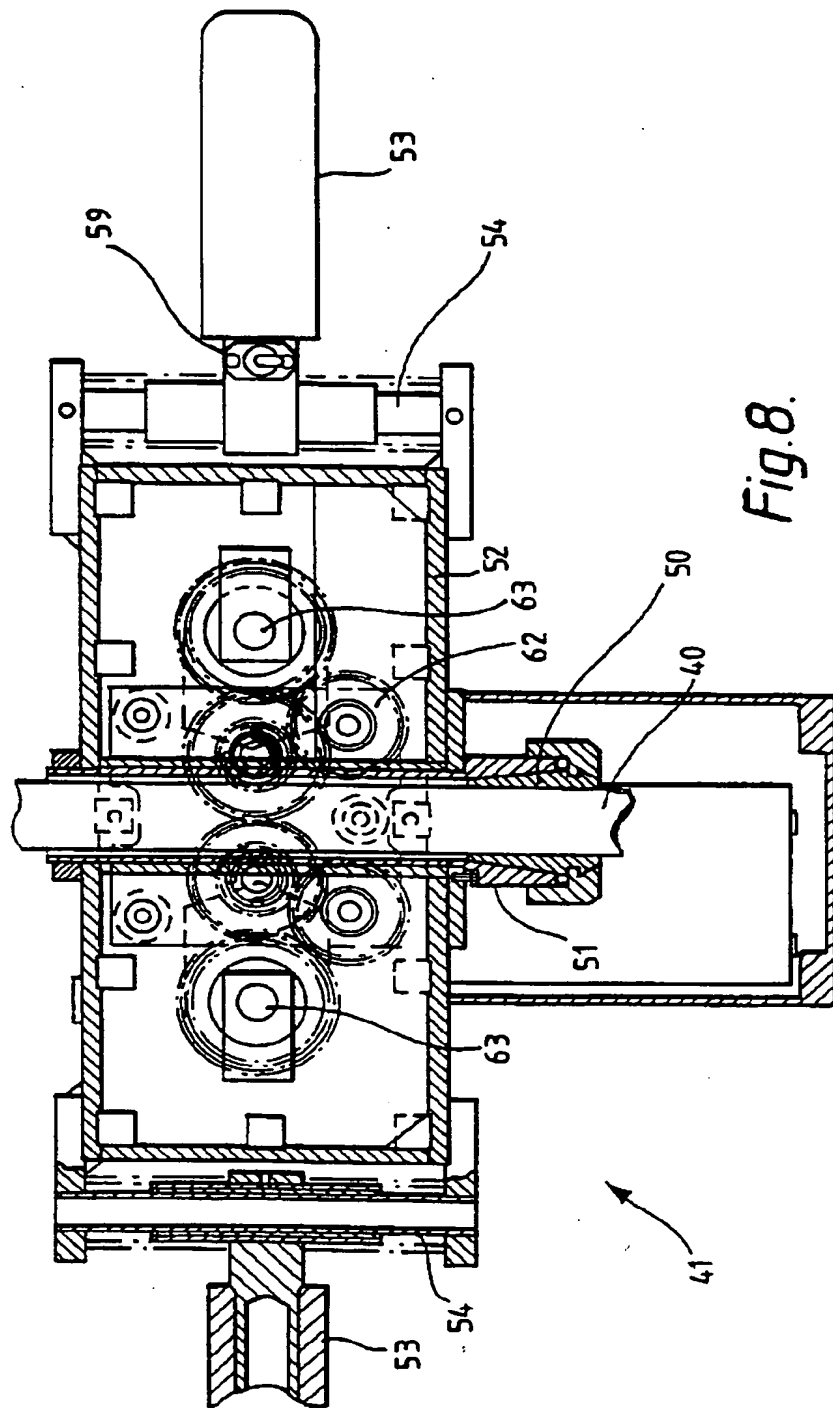


Fig. 8.

【図9】

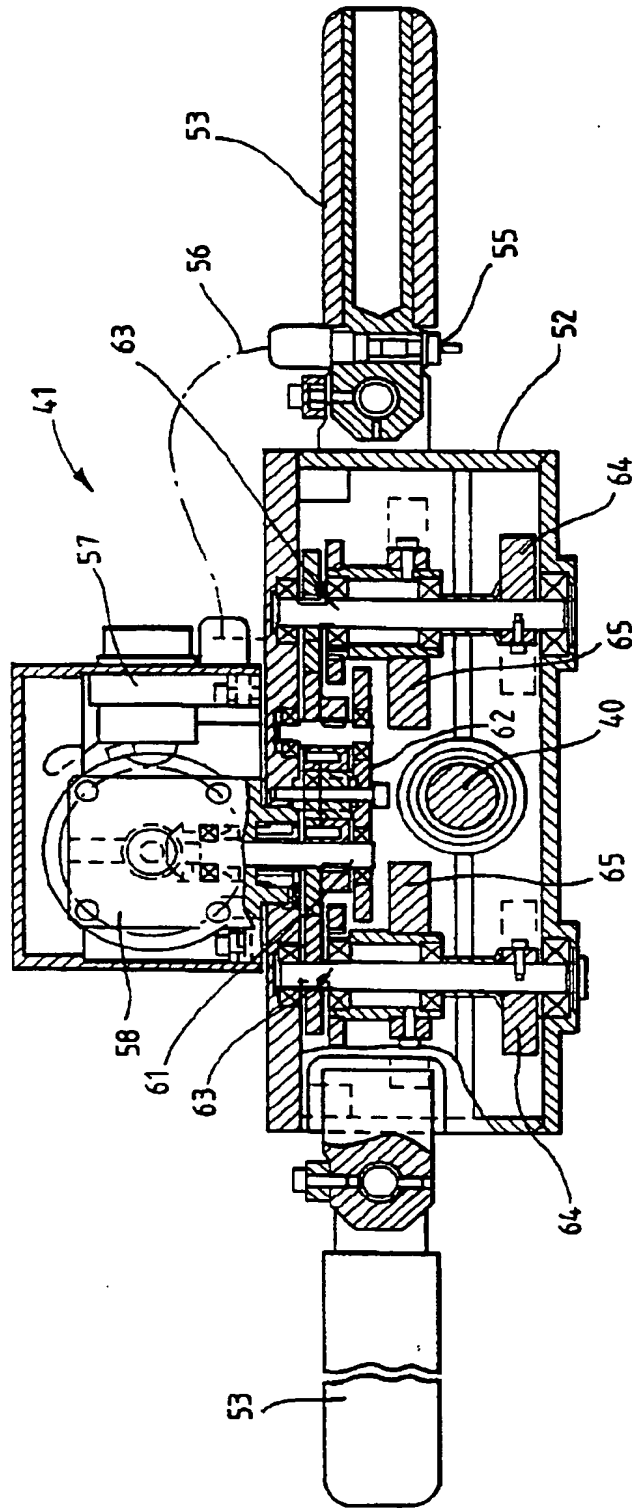
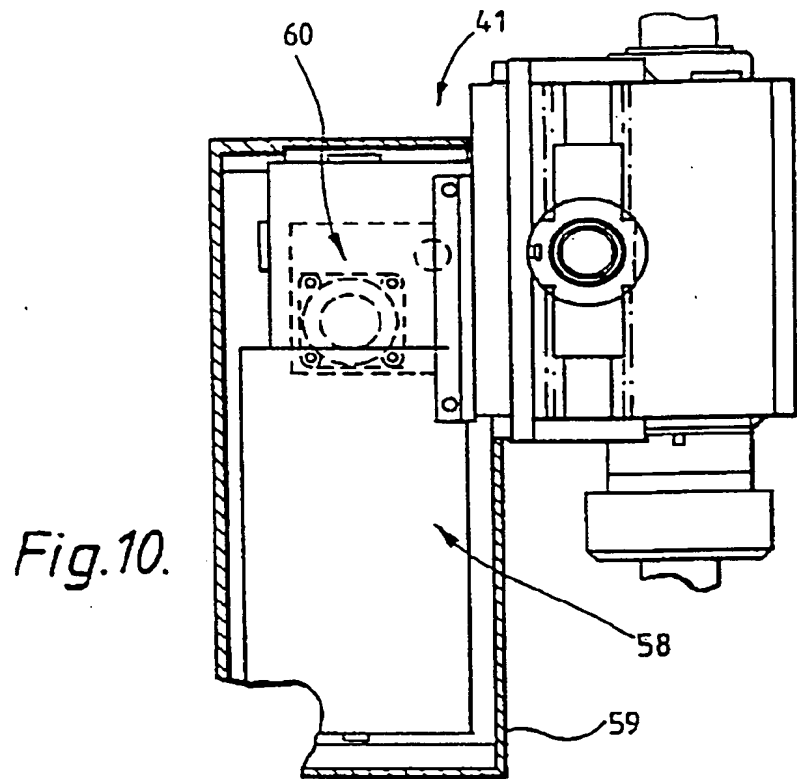


Fig. 9.

【図10】





【図16】

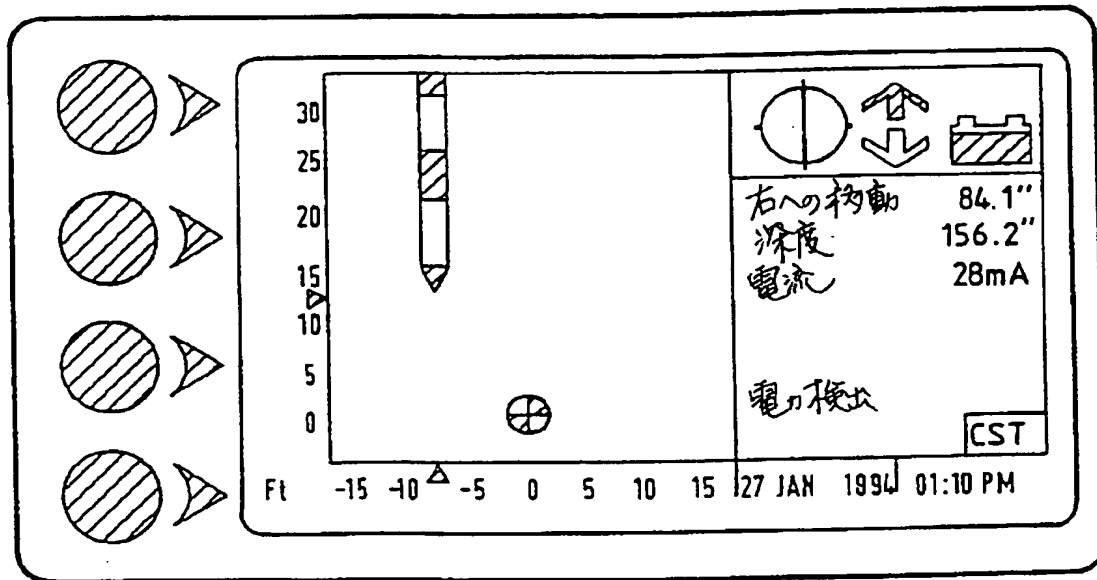


Fig.16.

【図11】

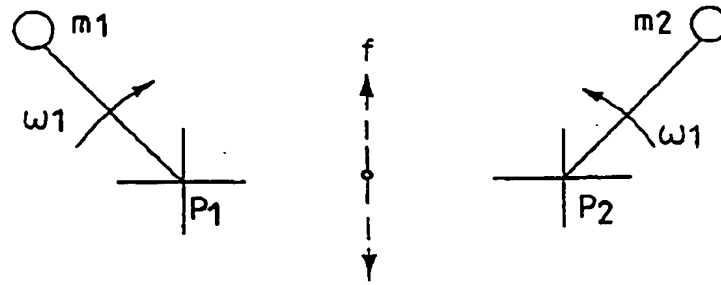


Fig.11a.

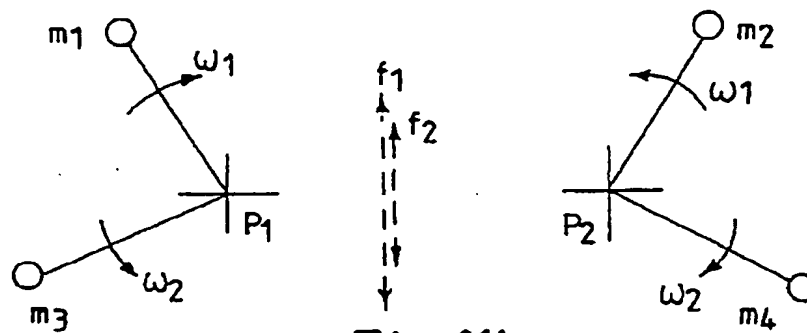


Fig.11b.

【図12】

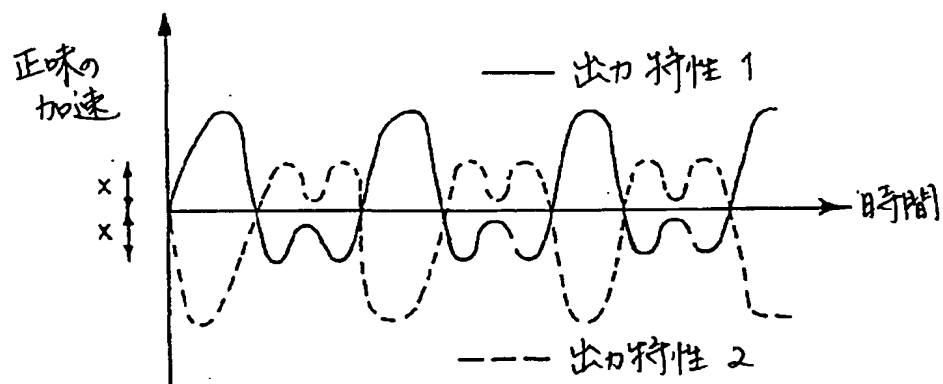
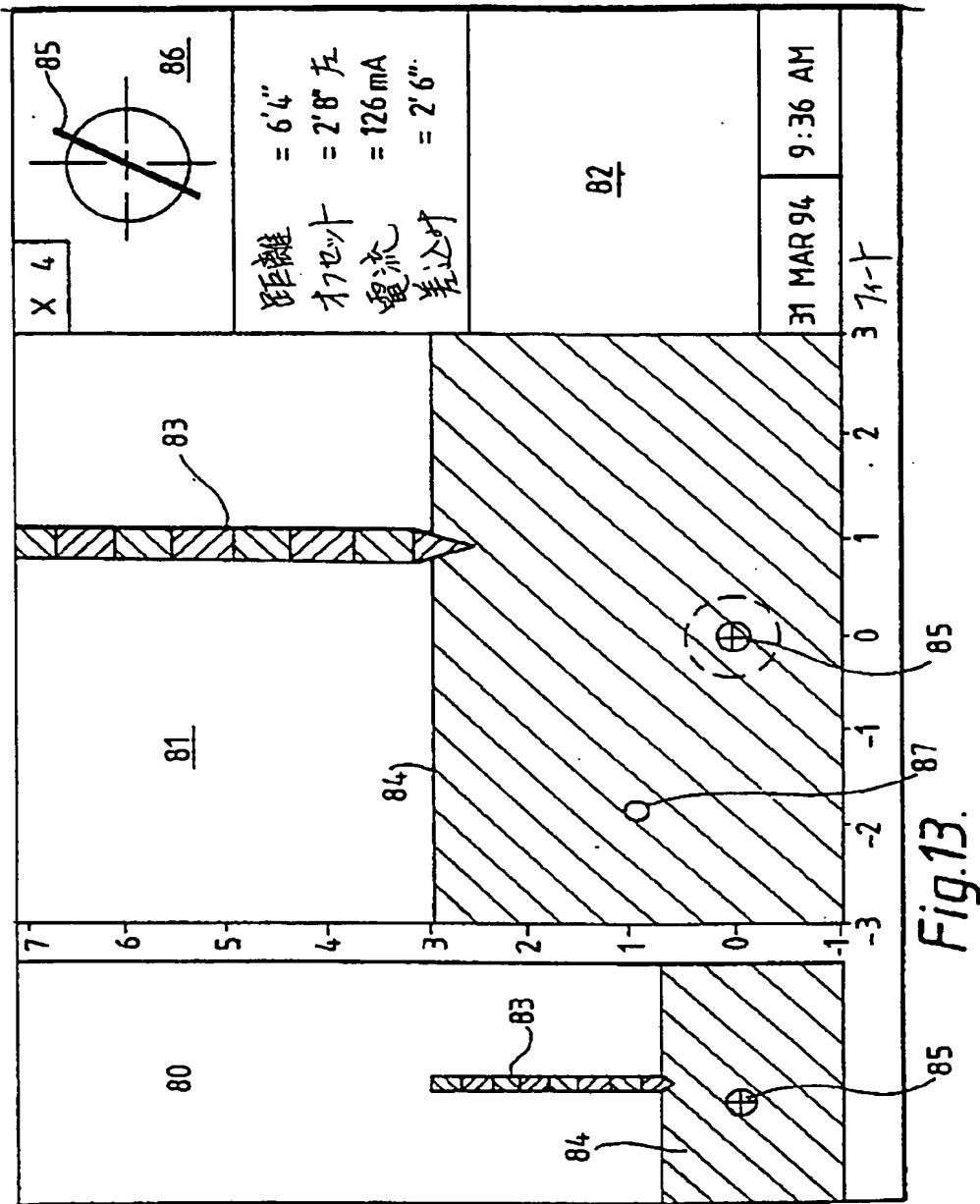
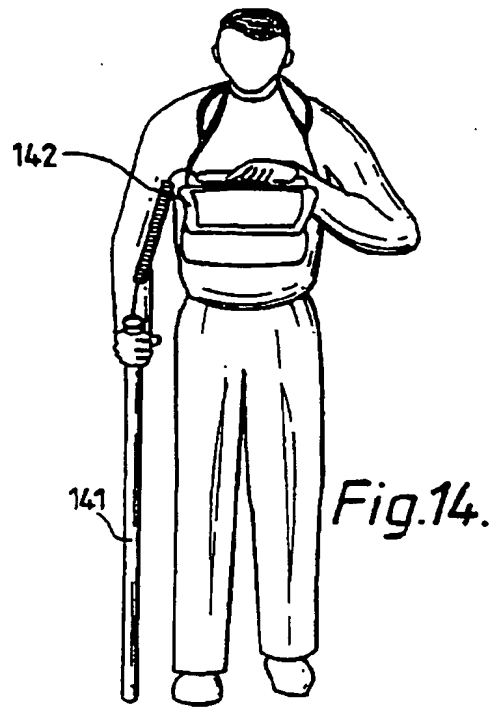


Fig.12.

【図13】



【図14】



【図15】

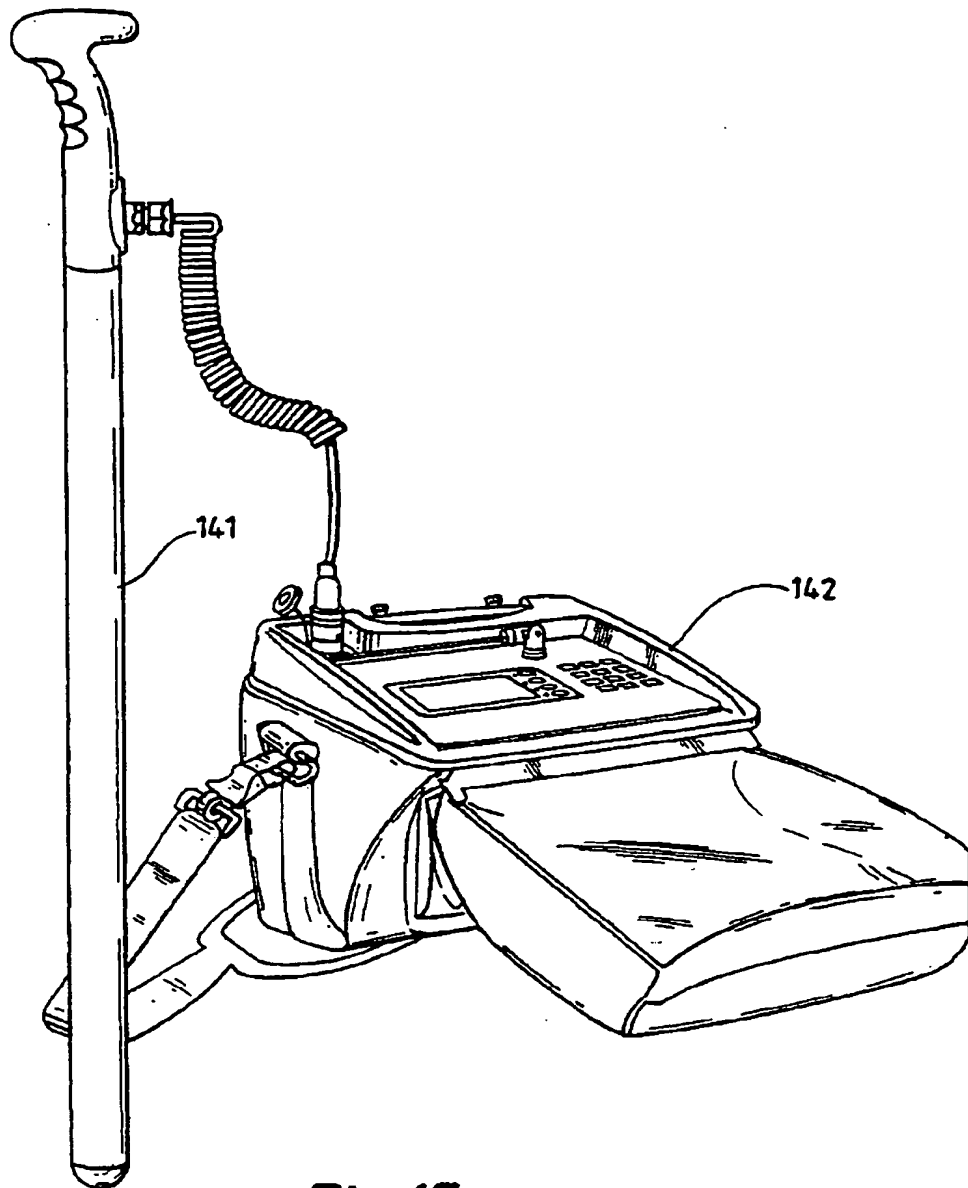


Fig.15.

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/GB 95/01042

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 6 G01V3/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| Y          | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 009 no. 044 (P-337), 23 February 1985<br>& JP,A,59 183387 (NIPPON DENKI KK) 18<br>October 1984,<br>see abstract | 1-4,8                 |
| Y          | FR,A,2 678 966 (GAZ DE FRANCE) 15 January<br>1993<br>see page 1, line 21 - page 2, line 19;<br>claims 1-5<br>see page 3, line 12 - line 27        | 1-4,8                 |
| A          | FR,A,2 309 881 (PATWORLD ANSTALT) 26<br>November 1976<br>see page 3, line 34 - page 4, line 3<br>---<br>-/--                                      | 1-3                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 September 1995

Date of mailing of the international search report

20.09.95

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HT Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Haasbroek, J

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
PCT/GB 95/01042

| C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |  |                       |
|--|--|-----------------------|
| Category *   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
| A  | ELEKTRONIK,<br>vol. 25, no. 2, February 1976 MUNCHEN DE,<br>pages 64-66,<br>G.GIDI E.A. 'Kleinstoszillograph vor dem<br>Auge tragbar'<br>see abstract<br>--- | 9,23,24,<br>26        |
| A  | AU,D,6 352 980 (MELLEN T.A. PTY. LTD) 30<br>April 1981<br>see claim 1<br>---   | 10                    |
| A  | US,A,4 542 344 (DARILEK GLENN T ET AL) 17<br>September 1985<br>see abstract; figure 1<br>-----   | 13,15                 |

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No  
PCT/GB 95/01042

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|
| FR-A-2678966                              | 15-01-93            | NONE                       |                     |
| FR-A-2309881                              | 26-11-76            | NONE                       |                     |
| AU-D-6352980                              | 30-04-81            | NONE                       |                     |
| US-A-4542344                              | 17-09-85            | NONE                       |                     |



---

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M C, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(KE, MW, SD, SZ, UG), AM, AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, C H, CN, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, HU, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LK, LR, LT, LU, LV, MD, MG, M N, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, TJ, TM, TT, UA, UG, US, UZ, VN

(72)発明者 クーパー、グラハム・ロイ  
イギリス、ビー・エイ・14 9・エス・エ  
ックス ウィルトシャー、トローブブリッ  
ジ、メリディアン・ウォーク、9

【公報種別】特許法第17条第1項及び特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第1区分

【発行日】平成13年2月13日(2001.2.13)

【公表番号】特表平10-503587

【公表日】平成10年3月31日(1998.3.31)

【年通号数】

【出願番号】特願平7-528788

【国際特許分類第7版】

G01V 3/10

G01S 13/88

G01V 3/00

3/06

【F I】

G01V 3/10 B

G01S 13/88 G

G01V 3/06

3/00 B

### 手続補正書

平成12年 9月23日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

平成7年特許願第528788号

2. 補正をする者

名称 ラヂオエレクトロニクス・リミテッド

3. 代理人

住所 〒530-0054  
大阪府北区南堀町2丁目1番20号  
住友銀行南堀ビル  
電話 06-6361-2021(代)  
FAX 06-6361-1731(G III・G II)

氏名 井澤 正 (6474) 西貝 久雄



4. 補正命令の応付

内規(出願書や請求と同時)

5. 補正対象事項名

請求の範囲

6. 補正対象項F名

請求の範囲

7. 補正の内容

請求の範囲を別紙のとおり補正する。

以上

# 請求の範囲

1. 少なくとも2つのアンテナ(21、22、23)を予め定められた間隔(51、52)で配する電磁波型プローブを含み、前記アンテナ(21、22、23)は物体(26)の導体からの電磁信号を検出するように構成される探知機であって、

前記探知機は、電磁信号を分析して、前記アンテナの間隔の方向(X)と前記方向を傾斜させる方向(Y)に関して前記探知機(24)と前記物体(26)との距離を決定する手段(25)と、

前記地面送達型プローブ(24)と前記物体(26)との距離に依存して前記地面送達型プローブ(24)の穴あけ力を制御する手段とを備えることを特徴とする、探知機。

2. 前記地面送達型プローブ(24)は共振シース(160)を有し、前記地面送達型プローブの覆りは前記シースから外し可能である、請求項1に記載の探知機。

3. 3つのアンテナ(21、22、23)を備える、請求項1または3のいずれかに記載の探知機。

4. 前記分析手段(25)は、前記探知機と前記物体との間の距離が予め定められた値よりも大きい場合には前記3つのアンテナのうちの第1および第2のアンテナによって検出される電磁信号を分析し、前記探知機と前記物体との距離が前記予め定められた値未満である場合には前記3つのアンテナのうちの前記第1のアンテナおよび第3のアンテナからの電磁信号を分析するように構成される、請求項3に記載の探知機。

5. 前記地下にある物体の前記導体に信号を誘導する送信機を備える、請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の探知機。

6. 前記電磁信号に基づいて、前記プローブと前記物体(26)との空間関係をポリアンソプレイトを生成する手段を備える、請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の探知機。

7. 前記分析手段(25)は、前記探知機と物体との間の異なる距離に対応する、前記アンテナによって検出可能な電磁信号を予測するように構成される、請求項

1ないし請求項6のいずれかに記載の探知機。

8. 傾斜センサをさらに備える、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の探知機。

9. 前記分析手段(25)は、前記探知機と前記物体(26)との間の距離を決定する際に前記電磁信号の振動または非対称を評価するように構成される、請求項1ないし請求項8のいずれかに記載の探知機。

10. 前記アンテナ(21、22、23)の各々は少なくとも2つの互いに直交するコイル(151、152、153)を含む、請求項1ないし請求項9のいずれかに記載の探知機。

11. 前記アンテナ(21、22、23)の各々は3つの互いに垂直なコイルを含む、請求項10に記載の探知機。

12. 前記コイルの軸は交差する、請求項10または11に記載の探知機。

13. 前記コイルの軸は交差せず、前記分析手段(25)は、前記探知機と前記物体(26)との間の距離を決定する際に前記コイル(151、152、153)の相対位置を調整するように構成される、請求項10または11に記載の探知機。

14. 請求項1ないし請求項13のいずれかに記載の探知機と、物体との組合せであって、前記物体は前記物体を形成する少なくとも1つの活性マーカーを有し、前記活性マーカーは符号化された信号を発生するように構成され、前記探知機は、前記符号化された信号をトリガするために前記活性マーカーへの入力信号を発生する手段と、前記活性マーカーからの前記符号化された信号を検出する手段とを有する、組合せ。

15. 少なくとも2つのアンテナ(21、22、23)を有する探知機を用いて物体(26)の位置を突き止める方法であって、

前記探知機が第1の位置にあるとき、前記アンテナ(21、22、23)を用いて前記物体(26)の導体からの電磁信号を検出するステップと、

前記探知機を前記第1の位置から第2の位置に動かすステップと、

前記探知機が前記第2の位置にあるとき、前記アンテナ(21、22、23)を用いて前記物体(26)の導体からの電磁信号を検出するステップと

を含み、

前記方法は、

前記探知機が前記第2の位置にあるとき前記アンテナ(21、22、23)によって検出可能な前記物体(26)の前記導体からの電磁信号は、前記第1の位置で検出される電磁信号に基づいて予測され、

前記予測された電磁信号と、前記探知機が前記第2の位置にあるときに検出される電磁信号とが比較されることを特徴とする、方法。

16. 前記探知機は前記第1の位置から前記第2の位置に傾斜され、前記傾斜は傾斜センサにより測定され、前記測定された傾斜は前記第2の位置にある前記探知機によって検出可能な電磁信号の予測に用いられる、請求項15に記載の方法。